



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.03.1997 Bulletin 1997/11

(51) Int Cl. 6: F04D 29/02, F04D 29/28,
F01D 5/34

(21) Numéro de dépôt: 96401835.2

(22) Date de dépôt: 28.08.1996

(84) Etats contractants désignés:
DE ES FR GB IT

(30) Priorité: 30.08.1995 FR 9510205

(71) Demandeur: SOCIETE EUROPEENNE DE
PROPULSION
92150 Suresnes (FR)

(72) Inventeurs:
• Maumus, Jean-Pierre
33150 Cenon (FR)
• Martin, Guy
33160 Saint Aubin de Médoc (FR)

(74) Mandataire: Joly, Jean-Jacques et al
Cabinet Beau de Loménie
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **Turbine en matériau composite thermostructural, en particulier à petit diamètre, et procédé pour sa fabrication**

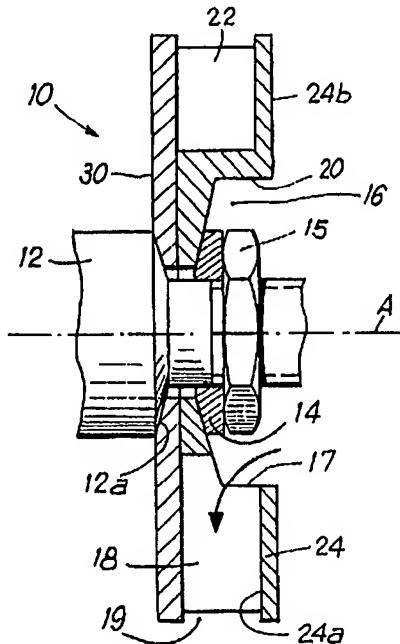
(57) La turbine (10) comprend une pluralité de pales (22) disposées entre deux flasques (24,30) et délimitant des passages de circulation entre une couronne intérieure (17) et une couronne extérieure (19).

La turbine est formée par une première et une deuxième pièce, chacune réalisée en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural, la

première pièce (20) formant un premier flasque (24) et les pales (22), tandis que la deuxième pièce forme le deuxième flasque (30) appliqué contre les pales (22) de la première pièce.

De préférence, la première pièce (20) et la deuxième pièce (30) sont assemblées uniquement par serrage mutuel au niveau de leurs parties centrales.

FIG.1



Description

La présente invention concerne les turbines, et plus particulièrement celles destinées à fonctionner à des températures élevées, typiquement supérieures à 1 000°C.

Un domaine d'application de telles turbines est le brassage des gaz ou la ventilation dans des fours ou installations similaires utilisés pour réaliser des traitements physico-chimiques à températures élevées, le milieu ambiant étant par exemple constitué de gaz neutres ou inertes.

De façon habituelle, ces turbines sont en métal, généralement constituées de plusieurs éléments assemblés par soudage. L'utilisation de métal entraîne plusieurs inconvénients. Ainsi, la masse élevée des parties tournantes requiert des lignes d'arbres importantes et des moteurs très puissants et impose de toute façon une limitation de la vitesse de rotation. S'ajoute une limitation en température du fait du risque de fluage du métal.

De plus, la sensibilité du métal aux chocs thermiques peut entraîner la formation de criques ou des déformations. Il en résulte des déséquilibres de la masse tournante favorisant une diminution de la durée de vie des turbines et de leurs moteurs d'entraînement. Or, dans les applications évoquées plus haut, des chocs thermiques importants peuvent se produire, notamment en cas d'injection massive d'un gaz froid, pour faire baisser rapidement la température à l'intérieur d'un four en vue de réduire la durée de cycles de traitement.

Afin d'éviter les problèmes rencontrés avec les métaux, d'autres matériaux ont déjà été proposés pour réaliser des turbines, en particulier des matériaux composites thermostructuraux. Ces matériaux sont généralement constitués d'une texture de renfort fibreux, ou pré-forme, densifiée par une matrice et sont caractérisés par leurs propriétés mécaniques qui les rendent aptes à constituer des éléments structuraux et par leur capacité à conserver ces propriétés jusqu'à des températures élevées. Des exemples usuels de matériaux composites thermostructuraux sont les composites carbone-carbone (C-C) constitués d'un renfort en fibres de carbone et d'une matrice en carbone, et les composites à matrice céramique (CMC) constitués d'un renfort en fibres de carbone ou céramique et d'une matrice céramique.

Par rapport aux métaux, les matériaux composites thermostructuraux présentent les avantages essentiels d'une densité bien inférieure et d'une grande stabilité aux températures élevées. La diminution de masse et la suppression du risque de fluage peuvent autoriser des vitesses de rotation élevées et, par là même, de très forts débits de ventilation sans demander un surdimensionnement des organes d'entraînement. En outre, les matériaux composites thermostructuraux présentent une très grande résistance aux chocs thermiques.

Les matériaux composites thermostructuraux présentent donc des avantages importants au plan des performances, mais leur emploi est limité en raison de leur

coût assez élevé. Outre les matières utilisées, le coût provient essentiellement des difficultés rencontrées pour réaliser des préformes fibreuses, notamment lorsque les pièces à fabriquer ont des formes complexes, ce qui est le cas des turbines, et de la durée des cycles de densification.

Aussi, un but de la présente invention est de proposer une architecture de turbine particulièrement adaptée à sa réalisation en matériau composite thermostructural afin de bénéficier des avantages de ce matériau mais avec un coût de fabrication aussi réduit que possible.

Selon un de ses aspects, la présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'une turbine comprenant une pluralité de pales disposées entre deux flasques annulaires et délimitant des passages de circulation entre une couronne intérieure et une couronne extérieure, les pales et les flasques étant en matériau composite thermostructural, procédé selon lequel :

(a) on réalise une première pièce en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural formant un premier flaque et les pales en mettant en œuvre les étapes consistant à :

- fabriquer une première préforme fibreuse sous forme de plaque ayant des dimensions externes choisies en fonction de celles de la première pièce à réaliser,
- densifier la première préforme fibreuse par une matrice de façon au moins partielle, de sorte que la préforme soit au moins consolidée, et
- usiner la première préforme fibreuse au moins partiellement densifiée pour lui donner la forme de la première pièce ;

(b) on réalise une deuxième pièce formant le deuxième flaque en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural par fabrication d'une deuxième préforme fibreuse, densification du collo-ci par une matrice, et usinage pour former le deuxième flaque, et

(c) on assemble la turbine en appliquant la deuxième pièce contre les pales de la première pièce.

Ainsi, la turbine est pour sa partie essentielle formée de seulement deux pièces, ce qui simplifie l'assemblage, et chaque pièce est réalisée à partir d'une préforme fibreuse ayant une forme simple. Il en est ainsi pour la deuxième pièce, puisqu'elle forme simplement un flaque, de sorte que la deuxième préforme fibreuse peut être constituée par une plaque. Quant à la première pièce, elle est réalisée par usinage à partir d'une première préforme constituée par une plaque. De préférence, la première préforme fibreuse est usinée à l'état consolidé, partiellement densifié, et la densification par la matrice est poursuivie après usinage.

L'usinage de la première pièce entraîne des pertes

substantielles de matière, de sorte que la présente invention convient plus particulièrement, bien que non exclusivement, pour des turbines de petit diamètre. Par turbine de petit diamètre, on entend ici une turbine dont le diamètre de la couronne extérieure ne dépasse pas environ 500 mm.

Selon une autre particularité avantageuse du procédé conforme à l'invention, la turbine est assemblée uniquement par serrage mutuel de la première pièce et de la deuxième pièce au niveau de leurs parties centrales. Il a été constaté que ce seul serrage assure l'assemblage de la turbine dans toutes configurations de fonctionnement, grâce à la rigidité du matériau composite. Ceci est d'autant plus vrai que le diamètre de la turbine est plus petit. Il n'est donc pas nécessaire de faire appel à des éléments de serrage du type vis pénétrant dans les deux pièces. Il s'agit d'un avantage important car, sinon, la visserie utilisée aurait dû être en matériau composite, pour tenir aux températures élevées et avoir un coefficient de dilatation thermique compatible avec celui des pièces assemblées, ce qui aurait alourdi le coût de façon significative.

Les préformes fibreuses sont réalisées en utilisant des techniques connues en soi. Ainsi, la première préforme fibreuse, de même que la deuxième, peut être réalisée à partir d'un empilement à plat de strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle et liaison des strates entre elles par aiguilletage.

En variante, et du fait qu'elle doit avoir une épaisseur assez grande, la première préforme fibreuse peut être réalisée à partir d'un enroulement d'une bande de texture fibreuse bidimensionnelle en couches superposées et liaison des couches entre elles par aiguilletage.

Selon un autre de ses aspects, l'invention a pour objet une turbine comprenant une pluralité de pales disposées entre deux flasques et délimitant des passages de circulation entre une couronne intérieure et une couronne extérieure, les pales et les flasques étant en matériau composite thermostructural, la turbine étant caractérisée en ce qu'elle comporte une première et une deuxième pièce, chacune réalisée en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural, la première pièce formant un premier flaque et les pales, tandis que la deuxième pièce forme le deuxième flaque appliquée contre les pales de la première pièce.

Avantageusement, elles sont assemblées uniquement par serrage mutuel au niveau de leurs parties centrales.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe montrant une turbine conforme à l'invention montée sur un arbre ;
 - la figure 2 est une vue en perspective montrant une première pièce constitutive de la turbine de la figure 1 ;
 - la figure 3 est une vue en coupe partielle selon les plans III-III de la figure 2 ;
 - la figure 4 montre des étapes successives d'élaboration d'une première pièce constitutive de la turbine de la figure 1 ;
 - la figure 5 montre des étapes successives relatives à une variante de fabrication de préforme pour l'élaboration d'une première pièce constitutive de la turbine de la figure 1 ;
 - la figure 6 montre des étapes successives d'élaboration d'une deuxième pièce constitutive de la turbine de la figure 1 ;
 - la figure 7 est une vue en coupe montrant une variante de réalisation d'une turbine selon l'invention ; et
 - la figure 8 est une vue en coupe montrant une autre variante de réalisation d'une turbine selon l'invention.
- La figure 1 illustre en coupe une turbine 10 comprenant deux pièces monoblocs 20, 30 en matériau composite thermostructural assemblées par serrage mutuel sur un arbre 12. Le matériau constitutif des pièces 20 et 30 est par exemple un matériau composite carbone-carbone (C-C) ou un matériau composite à matrice céramique tel qu'un matériau composite C-SiC (renfort en fibres de carbone et matrice en carbure de silicium).
- La pièce 20 (figures 1 à 3) comprend une pluralité de pales 22 qui sont situées sur une face interne 24a d'un flaque annulaire 24 en forme de disque. Les pales 22 s'étendent entre la circonference extérieure et la circonference intérieure du flaque 24, sensiblement perpendiculairement à celui-ci. Les talons 22a des pales 22 se raccordent à une partie centrale formant moyeu 26 dont le diamètre intérieur est sensiblement inférieur à celui du flaque 24. Le moyeu 26 a en outre une épaisseur inférieure à la longueur des pales 22, et est espacé du flaque 24, le long de l'axe A de la turbine, de sorte que la face externe 24b du flaque, d'une part, et la face externe 26b du moyeu avec les bords longitudinaux 22b des pales 22, d'autre part, forment les faces opposées de la pièce 20.
- La pièce 30 constitue un flaque annulaire en forme de disque dont le diamètre extérieur est égal à celui du flaque 24 et dont le diamètre intérieur est égal à celui du moyeu 26.
- La pièce 30 est appliquée contre la face externe 26b du moyeu 26 et contre les bords longitudinaux 22b des pales 22. Le serrage mutuel des pièces 20 et 30 est réalisé par blocage entre un épaulement 12a de l'arbre 12 et une bague 14, au moyen d'un écrou 15.
- L'aspiration par la turbine est réalisée à partir de l'espace 16 qui est situé entre le flaque 24 et le moyeu 26, et est entouré par la couronne intérieure 17 de la turbine au niveau des pieds des pales 22. L'éjection du fluide aspiré s'effectue à travers la couronne extérieure 19 de la turbine au niveau des extrémités de pales 22, après circulation à travers les passages 18 délimités par

les pales 22 et les flasques 24 et 30.

La rigidité du matériau composite thermostructural fait que le seul effort de serrage au niveau des parties centrales des pièces 20 et 30 suffit à les maintenir assemblées, y compris pendant le fonctionnement de la turbine, aucun décollement n'étant observé. Comme déjà indiqué, ceci est d'autant plus vrai que la présente invention s'applique de façon préférentielle à des turbines de petit diamètre, c'est-à-dire de diamètre extérieur ne dépassant pas environ 500 mm.

Comme montré sur la figure 1, les surfaces du moyeu 26 et du flaque 30 sur lesquelles s'appuient l'épaulement 12a et la bague 14 ont une forme tronconique, de même que les faces correspondantes de l'épaulement 12a et de la bague 14. Ces faces d'appui tronconiques ont des sommets sensiblement confondus situés sur l'axe A de la turbine. De la sorte, des différences de dilatation d'origine thermique entre, d'une part, les pièces 20 et 30 et, d'autre part, l'arbre 12 et la bague 14, se traduiront par un glissement, sans effet destructif.

Des étapes successives d'un processus de fabrication de la pièce 20 sont montrées sur la figure 4. La pièce 20 est réalisée à partir d'une structure fibreuse en forme de plaque 200 (phase 41). Une telle structure est fabriquée par exemple par empilement à plat de strates de texture fibreuse bidimensionnelle, telle que nappe de fils ou de câbles, tissu,..., et liaison des strates entre elles par aiguilletage. Un procédé de fabrication de structures fibreuses de ce type est décrit dans le document FR-A-2 584 106.

Une première préforme 201 de forme annulaire est découpée dans la plaque 200, les dimensions de la préforme 201 étant choisies en fonction de celles de la pièce 20 à réaliser (phase 42).

La préforme 201 est soumise à une première étape de densification par la matrice du matériau composite thermostructural à réaliser (phase 43). La densification est réalisée de manière à consolider la préforme, c'est-à-dire à lier entre elles les fibres de la préforme de façon suffisante pour permettre la manipulation et l'usinage de la préforme consolidée. La densification est réalisée de façon connue en soi par infiltration chimique en phase vapeur, ou par voie liquide, c'est-à-dire imprégnation par un précurseur de la matrice à l'état liquide et transformation du précurseur.

La préforme consolidée est soumise à une première phase d'usinage au cours de laquelle les pales sont formées à partir d'une face de la préforme (phase 44), puis à une deuxième phase d'usinage au cours de laquelle elle est évidée en son centre à partir de la face opposée, de manière à former la zone d'aspiration en laissant subsister la partie de moyeu (phase 45).

La préforme consolidée et usinée 202 est ensuite soumise à un ou plusieurs cycles de densification jusqu'à obtenir le degré souhaité de densification par la matrice (phase 46).

La préforme ainsi finalement densifiée est soumise à un usinage final pour l'amener aux cotes précises de

la pièce 20 (phase 47).

On a envisagé ci-avant l'usinage de la préforme après consolidation et avant densification complète, ce qui favorise la densification finale puisque celle-ci est plus difficile à réaliser de façon homogène dans des structures fibreuses épaisses. Il n'est toutefois pas exclu de réaliser l'usinage de la préforme après densification complète.

Suivant une autre variante (figure 5), la préforme de la pièce 20 est réalisée à partir d'une structure fibreuse cylindrique 200' fabriquée par bobinage d'une bande de texture fibreuse bidimensionnelle en couches superposées sur un mandrin et liaison des couches entre elles par aiguilletage (phase 51). Un procédé de fabrication de structures fibreuses de ce type est décrit dans le document FR-A-2 584 107.

Des préformes 201' de forme annulaire sont découpées dans la structure cylindrique 200' suivant des plans radiaux (phase 52).

Chaque préforme 201' est ensuite traitée de la même façon que la préforme 201 de la figure 4.

Comme montré par la figure 6, la pièce 30 est réalisée à partir d'une structure fibreuse en forme de plaque 300. Cette structure est par exemple fabriquée par empilement à plat de strates de texture fibreuse bidimensionnelle et liaison des strates entre elles par aiguilletage (phase 61).

Une préforme 301 de forme annulaire est découpée dans la plaque 300, les dimensions de la préforme étant choisies en fonction de celles de la pièce 30 à réaliser (phase 62).

La préforme 301 est densifiée par la matrice, la densification étant réalisée par infiltration chimique en phase vapeur ou par voie liquide (phase 63).

La préforme densifiée est soumise à un usinage final afin d'être amenée aux cotes de la pièce 30 (phase 64).

D'autres formes de réalisation d'une turbine utilisant deux pièces monoblocs en matériau composite thermostructural définissant deux flasques des pales et un moyen pourront être adoptées.

La turbine 110 de la figure 7 est formée essentiellement de deux pièces 120, 130 en matériau composite thermostructural. Elle se distingue de la turbine de la figure 1 en ce que, dans la pièce 120, les pales 122 ont une hauteur décroissante entre la couronne intérieure 117 et la couronne extérieure 119 de la turbine. Cette hauteur décroissante permet de compenser le fait que la largeur des passages 118 bordés par les pales 122 croît entre la couronne intérieure et la couronne extérieure, de manière que les sections d'entrée et de sortie des passages 118 soient sensiblement égales.

Le flaque 130 appliqué contre la pièce 120 présente alors une forme de disque dans sa partie centrale 130a appliquée contre le moyen 126 et une forme tronconique dans sa partie périphérique appliquée contre les pales 122.

Pour la réalisation du flaque 130, on peut partir

d'une préforme fibreuse annulaire en forme de disque qui est mise dans la forme voulue au moyen d'un outillage, et consolidée par densification partielle en étant maintenue dans l'outillage. Après consolidation, la préforme peut être retirée de l'outillage afin de poursuivre la densification.

Comme déjà indiqué, la présente invention s'applique plus particulièrement aux turbines ayant des diamètres relativement petits. Le débit de la turbine peut être augmenté ou diminué, pour un diamètre donné, en augmentant ou diminuant la hauteur des passages, c'est-à-dire l'épaisseur de la turbine. La perte de matière lors de l'usinage des pales étant d'autant plus grande que leur hauteur est plus élevée, il est préférable pour des raisons de coût de limiter l'épaisseur de la turbine, par exemple en ne dépassant pas environ 100 mm.

Une solution pour augmenter le débit consiste alors à accoupler deux turbines 10', 10" sur un même axe comme illustré par la figure 8. Chaque turbine 10', 10" comprend deux pièces monoblocs en matériau composite thermostructural, une première pièce 20', 20" formant pales 22', 22", flasque 24', 24" et moyeu 26', 26", et une deuxième pièce 30', 30" formant flasque.

La turbine 10' est semblable à la turbine 10 de la figure 1, tandis que la turbine 10" s'en distingue par la disposition des pales. En effet, la disposition des pales 22" sur la pièce 20" est symétrique par rapport à un plan radial de la disposition des pales 22' sur la pièce 20'. De la sorte, lorsque les turbines 10', 10" sont accolées par contact mutuel entre les faces externes des flasques 24', 24", les pales 22', 22" définissent des passages de circulation orientés de la même façon autour de l'axe commun aux turbines.

Les pièces 20', 30', 30" et 20" sont assemblées par serrage mutuel sur un arbre commun 12' entre un épaulement 12'a et une bague 14', au moyen d'un écrou 15'. Les surfaces des moyeux 26' et 26" sur lesquelles s'appuient l'épaulement 12'a et la bague 14' ont une forme tronconique, de même que les faces correspondantes de l'épaulement 12'a et de la bague 14'. Une bague supplémentaire 14" à section triangulaire est interposée contre les flasques 30' et 30", les surfaces de ceux-ci s'appuyant sur la bague 14" ayant une forme tronconique. Les surfaces d'appui tronconiques du flasque 30' sur la bague 14" et du moyeu 26' sur l'épaulement 12'a ont des sommets sensiblement confondus situés sur l'axe des turbines, de même que les surfaces d'appui du flasque 30" sur la bague 14" et du moyeu 26" sur la bague 14'. De la sorte, des variations dimensionnelles d'origine thermique entre les pièces des turbines, d'une part, et l'arbre et les bagues de serrage, d'autre part, peuvent être compensées par glissement parallèlement aux surfaces d'appui tronconiques, de la même façon qu'avec la turbine 10 de la figure 1.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une turbine comprenant une pluralité de pales disposées entre deux flasques, les pales et les flasques étant en matériau composite thermostructural, caractérisé en ce que :
 - (a) on réalise une première pièce en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural formant un premier flasque et les pales en mettant en œuvre les étapes consistent à :
 - fabriquer une première préforme fibreuse sous forme de plaque ayant des dimensions extimes choisies en fonction de celles de la première pièce à réaliser,
 - densifier la première préforme fibreuse par une matrice de façon au moins partielle, de sorte que la préforme soit au moins consolidée, et
 - usiner la première préforme fibreuse au moins partiellement densifiée pour lui donner la forme de la première pièce ;
 - (b) on réalise une deuxième pièce formant le deuxième flasque en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural par fabrication d'une deuxième préforme fibreuse, densification de celle-ci par une matrice, et usinage pour former le deuxième flasque, et
 - (c) on assemble la turbine en appliquant la deuxième pièce contre les pales de la première pièce.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse est usinée à l'état consolidé, partiellement densifié, et la densification par la matrice est poursuivie après usinage.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'usinage de la première préforme fibreuse en forme de plaque au moins partiellement densifiée comprend la réalisation des pales par usinage à partir d'une face de la plaque, et la réalisation d'une zone d'aspiration par évidage d'une partie centrale de la plaque, à partir de la face opposée, en laissant subsister un moyeu central.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse est réalisée à partir d'un empilement à plat de strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle et liaison des strates entre elles par aiguillatage.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première préforme

- fibreuse est réalisée à partir d'un enroulement d'une bande de texture fibreuse bidimensionnelle en couches superposées et liaison des couches entre elles par aiguilletage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la deuxième préforme fibreuse est réalisée à partir d'un empilement à plat de strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle et liaison des strates entre elles par aiguilletage.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la turbino est assemblée uniquement par serrage mutuel de la première pièce et de la deuxième pièce au niveau de leurs parties centrales.
8. Turbine comprenant une pluralité de pales (22) disposées entre deux flasques (24,30) et délimitant des passages de circulation entre une couronne intérieure (17) et une couronne extérieure (19), les pales et les flasques étant en matériau composite thermostructural, caractérisée en ce qu'elle comporte une première et une deuxième pièce, chacune réalisée en une seule partie monobloc en matériau composite thermostructural, la première pièce (20) formant un premier flasque (24) et les pales (22), tandis que la deuxième pièce forme le deuxième flasque (30) appliquée contre les pales (22) de la première pièce.
9. Turbine selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première pièce (20) et la deuxième pièce (30) sont assemblées uniquement par serrage mutuel au niveau de leurs parties centrales.
10. Turbine selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que, dans la première pièce, les pales (22) s'étendent entre la circonférence extérieure et la circonférence intérieure et d'un côté d'une partie annulaire en forme de disque formant le premier flasque (24), et sont raccordées au niveau de leurs pieds à une partie centrale formant moyeu (26).
11. Turbine selon la revendication 10, caractérisée en ce que la partie centrale formant moyeu (26) a une épaisseur inférieure à la largeur des pales (22).
12. Turbine selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que, dans la première pièce, la partie formant flasque annulaire (24) et la partie formant moyeu (26) sont sur deux faces opposées de la pièce.
13. Turbine selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que, dans la première pièce, la partie centrale formant moyeu (26) a un diamètre intérieur inférieur à celui de la partie annulaire formant flasque (24).
14. Turbine selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisée en ce que la première et la deuxième pièce (20, 30) sont assemblées par serrage mutuel exercé contre des surfaces d'appui appartenant respectivement à la première et à la deuxième pièce, au niveau de leurs parties centrales, lesdites surfaces d'appui ayant une forme tronconique avec des sommets sensiblement confondus et situés sur l'axe de la turbine.
15. Turbine selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisée en ce que les pales (22) ont une hauteur décroissante entre la couronne intérieure et la couronne extérieure de manière à délimiter des passages ayant des sections de sorties sensiblement égales aux sections d'entrée.
16. Turbine selon l'une quelconque des revendications 8 à 15, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs ensembles coaxiaux comprenant chacune une première pièce (20', 20") et une deuxième pièce (30', 30") assemblés uniquement par serrage mutuel au niveau de leurs parties centrales.

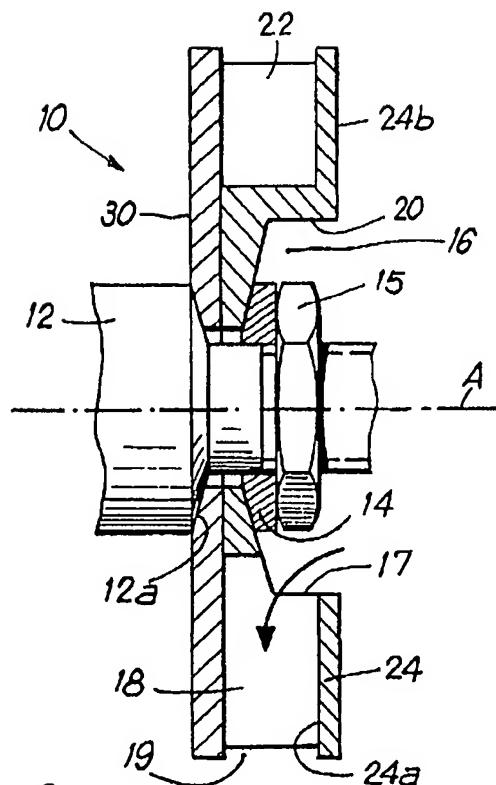


FIG. 1

FIG. 2

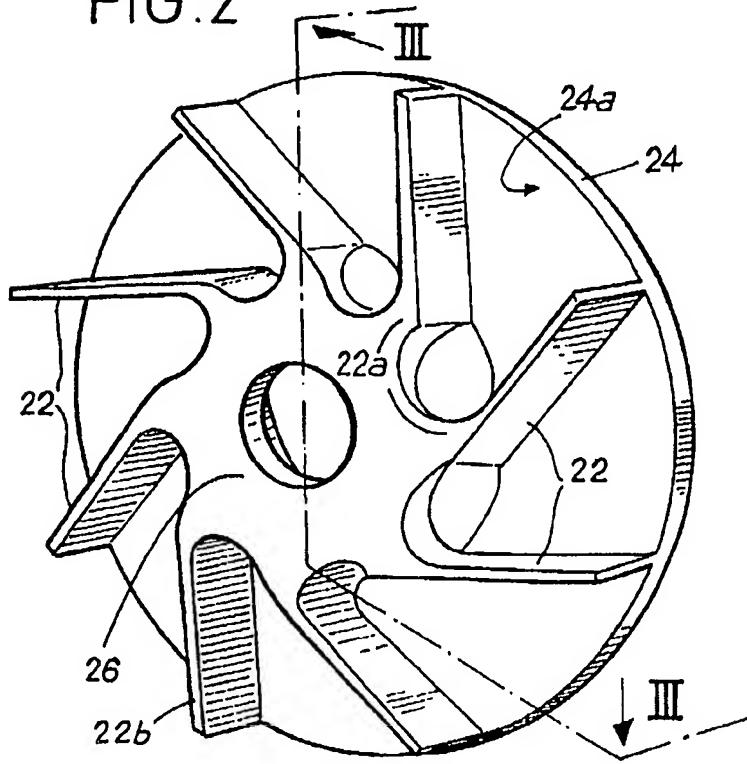


FIG. 3

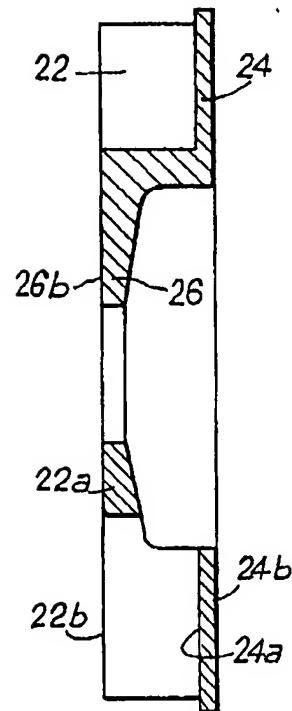


FIG.4

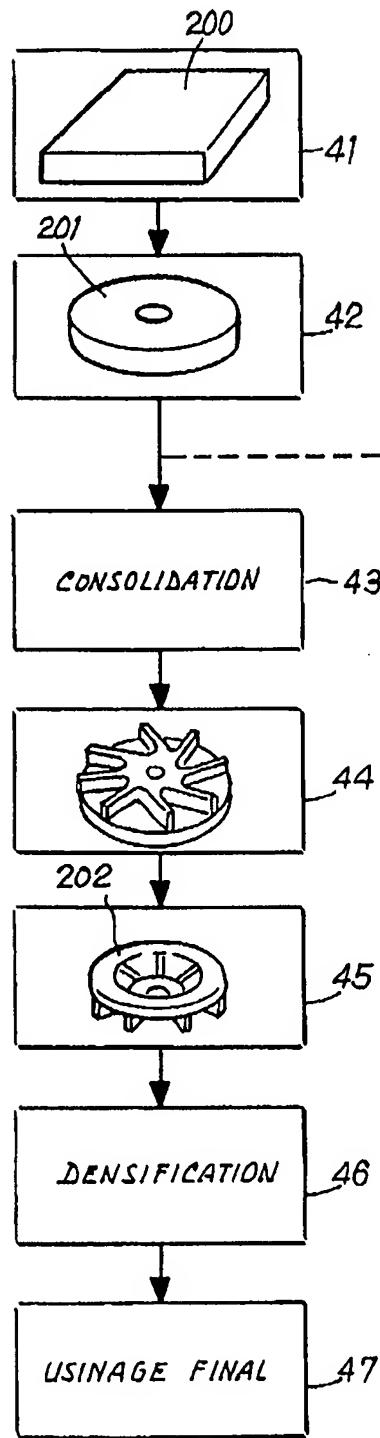


FIG.5

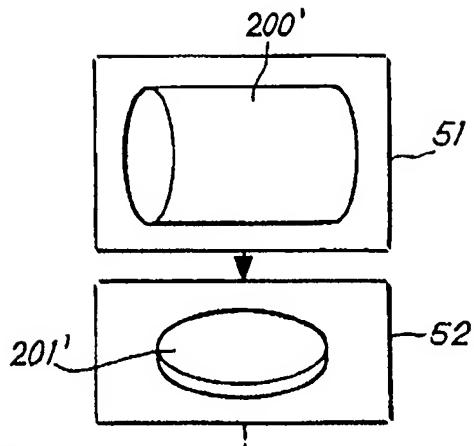
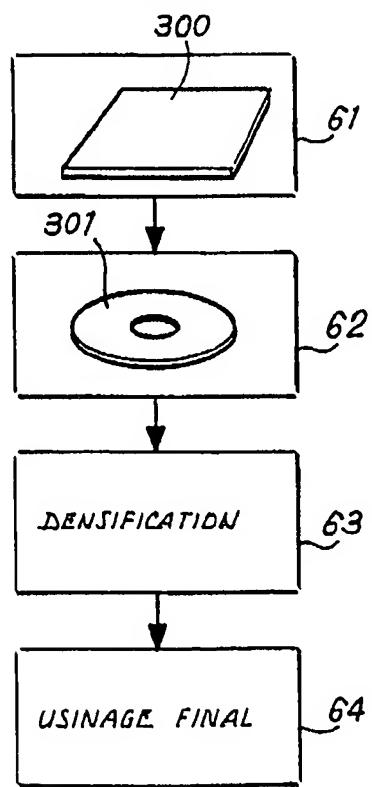
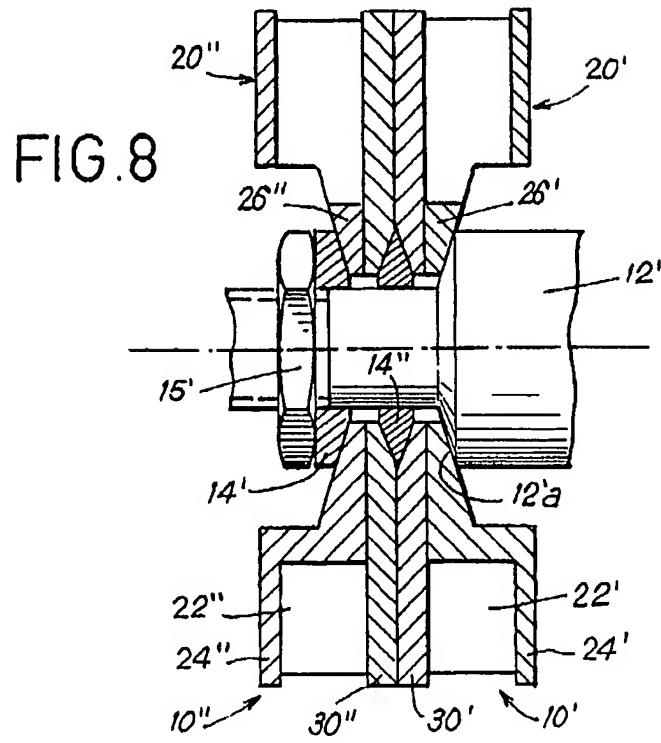
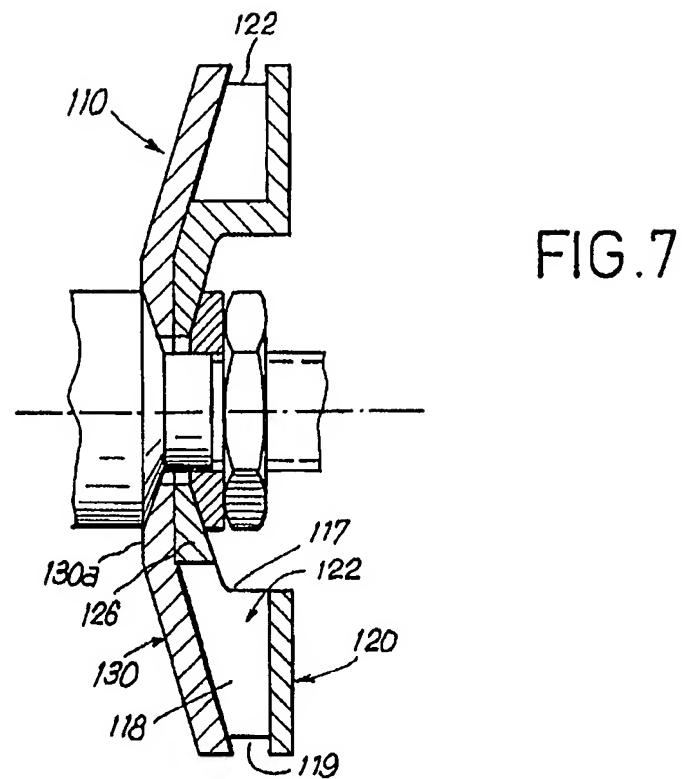


FIG.6







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

N° de la demande
EP 96 40 1835

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	DE-A-44 09 629 (OZEN) * le document en entier *	1,8	F04D29/02 F04D29/28 F01D5/34
A	GB-A-813 133 (SMART) --- * le document en entier *	1,7-10, 12,13,15	
A	GB-A-553 747 (FULLEMAN) * figures 2,5 *	15	
A	US-A-3 285 187 (ANDERSON) ---		
A	FR-A-1 143 291 (COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON) ---		
A,D	FR-A-2 584 106 (SOCIÉTÉ EUROPEÈNE DE PROPULSION) ---		
A,D	FR-A-2 584 107 (SOCIÉTÉ EUROPEÈNE DE PROPULSION) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F04D F01D B29D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	5 Décembre 1996	Teerling, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	F : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		
A : arrrière-plan technologique	I : cité dans la demande		
O : divulgation non écrite	L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant		